

Publication number: JP55104791 (A)

Publication date: 1980-08-11

Inventor(s): HIRAYAMA SATORU; KAWADA TOSHIYUKI; MATSUZAKI MASAYOSHI

Applicant(s): TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO

Description of cited Reference:

The above discloses a nuclear fuel element consisting of a hollow cylindrical outer pellet and a cylindrical inner pellet which is inserted into the outer pellet, wherein the outer pellet comprises mainly uranium dioxide or a mixture of uranium dioxide and plutonium dioxide and two or more additives selected from  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{BeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{CaO}$  and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , and wherein the inner pellet comprises mainly uranium dioxide or a mixture of uranium dioxide and plutonium dioxide and one or more additives selected from  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{ZrO}_3$  and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

⑩ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭55—104791

⑬ Int. Cl.<sup>3</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和55年(1980)8月11日

G 21 C 3/62

6440—2G

発明の数 1

審査請求 未請求

(全 4 頁)

⑮ 核燃料素子

川崎市幸区小向東芝町1 東京芝  
浦電気株式会社総合研究所内

⑯ 特 願 昭54—11859

⑰ 発 明 者 松崎正義

⑱ 出 願 昭54(1979)2月6日

川崎市幸区小向東芝町1 東京芝  
浦電気株式会社総合研究所内

⑲ 発 明 者 平山悟

川崎市幸区小向東芝町1 東京芝  
浦電気株式会社総合研究所内

⑳ 出 願 人 東京芝浦電気株式会社

川崎市幸区堀川町72番地

㉑ 発 明 者 川田俊行

㉒ 代 理 人 弁理士 則近憲佑 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

核燃料素子

2. 特許請求の範囲

核燃料物質が二酸化ウランまたは二酸化ウランと二酸化プルトニウムとの混合物を主成分とする核燃料素子において、前記核燃料素子は円筒状の外殻ペレットと、この外殻ペレットの内側に挿入する円柱状の内殻ペレットとからなり、前記外殻ペレットは  $Al_2O_3$ ,  $BeO$ ,  $MgO$ ,  $SiO_2$ ,  $Na_2O$ ,  $P_2O_5$ ,  $CaO$ ,  $Fe_2O_3$  から選ばれた少なくとも2種類の添加物を含み、かつその添加物の総重量が前記核燃料物の0.2%~5%の範囲に存し、また内殻ペレットは前記核燃料物質単独又は  $CaO$ ,  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $ZrO_2$ ,  $Fe_2O_3$  から選ばれた1種類の添加物を含み、かつその添加物の重量が0.2~5%の範囲に存することを特徴とする核燃料素子。

3. 発明の詳細な説明

本発明は、発電用原子炉の核燃料棒において金属被覆管内に密封して使用するセラミック系核燃料素子に関する。

料素子に関する。

一般に発電用原子炉に使用されている核燃料棒は第1図に示したように、被覆管1にセラミック系核燃料粉末を通常理論密度の92~97%に焼結したペレット2を複数個収納し、被覆管1の両端を栓3, 4で密封した構造である。なお、ペレット2の軸方向の移動はブレナム室6に設けられたバネ5によって防止され、またペレット2と被覆管1との間にはわずかな隙間7が設けられており、この隙間7とブレナム室6にはヘリウムガスが充填されている。

原子炉内で該ペレットは核分裂反応によって発熱して高温になる。このペレットを構成するセラミック系核燃料ペレットは熱伝導度が小さいため該ペレットの中心部は高温度に周辺部は低温度になる。この結果、該ペレットは第2図に示すように端面部の中心部と角部が膨張した形状2'となる。かくして被覆管とペレットとの前記隙間が少ないと被覆管のペレットの膨張した端面部に対応した部分が局部的に大きな変形を受け、被覆管の

(1)

(2)

破壊原因となる。このような現象をベレットと被覆管との機械的相互作用 (PCMI と称す) という。電力需要量に応じて出力を自由に調節し得る負荷追従運転によって原子炉出力を急激に変化させると、この PCMI は大きくなり、被覆管が破壊する場合がある。

このような事態に至るのを避ける目的で、現在軽水炉等で採用されている対策は、原子炉の出力変動条件を厳しく制限することによって PCMI の発生を最小限に抑制する方法である。これによって発電用原子炉では燃料の破壊を低減することに成功している。

しかしこのように原子炉の運転条件に制限を設ければ、当然のことながら所定の出力レベルまで上昇させるのに時間を要し、プラント効率が低下し、そのために大きな経済的損失をこうむることとなる。まして前述のような負荷追従運転は望むべくもなく、より根本的な解決策を見出すことが核燃料分野における急務となっている。

本発明はこのような問題を解決する目的でな

(3)

ニウム合金の降伏強度よりも大きいことによって惹起される現象である。従って核燃料素子に何らかの改良を加えてその強度を減少させれば、前述した PCMI を実質的に無害な程度に低減させることができる。

本発明は核燃料物質に他の物質を添加することによりこれを実現させた核燃料素子を提供するものである。第3図に本発明に係わる核燃料素子の例を示す。第3図の核燃料素子は円筒状の外殻ベレット8と円柱状の内殻ベレット9からなり、外殻ベレット8は二酸化ウランの機械的強度を減少すべく添加物を混入したもので、内殻ベレット9は二酸化ウラン<sup>単独、又は二酸化ウラン</sup>の機械的強度を増大すべく添加物<sup>10字輸入</sup>を混入したものである。

本発明の機械的強度減少型組成の二酸化ウランを用いてベレット形状を従来の円柱状にした場合、原子炉で燃焼中、燃料棒内のベレットが下部になるほどベレット自重による軸方向応力が大きくなり、それだけ塑性変形しやすくなる。つまりベレットの塑性流動が起り高さが低くなり、直径増加

(5)

れたもので、現行の原子炉運転条件の制限緩和はもとより、負荷追従運転も可能ならしめる核燃料素子を提供することにある。

すなわち、本発明は核燃料物質が二酸化ウランまたは二酸化ウランと二酸化プルトニウムとの混合物主成分とする核燃料素子において、前記核燃料素子は円筒状の外殻ベレットと、この外殻ベレットの内側に挿入する円柱状の内殻ベレットとからなり、前記外殻ベレットの核燃料素子は、 $Al_2O_3, BeO, MgO, SiO_2, Na_2O, P_2O_5, CaO, Fe_2O_3$  から選ばれた少なくとも2種類の添加物を含み、かつその添加物の総重量が前記核燃料物質の0.2%~5%の範囲に存し、また前記内殻ベレットの核燃料素子は前記核燃料物質単独又は  $Gd_2O_3, Al_2O_3, MgO, ZrO_2, Fe_2O_3$  から選ばれた1種類の添加物を含み、かつその添加物の重量が0.2~10%の範囲に存することを特徴とする核燃料素子である。

以下、本発明に係わる核燃料素子を二酸化ウランの核燃料物質の場合を例にとり詳しく説明する。

PCMI はセラミック系核燃料素子の強度がジルコ

(4)

が起るおそれがある。この直径増加はベレットと被覆管とのギャップを減少することになり、PCMI を増大させる場合があり得る。本発明では内殻ベレットが軸方向塑性を緩和することにより塑性流動を防止することができる。

次に実施例を用いて本発明を述べる。外殻ベレットと内殻ベレットに関して、それぞれ機械的強度を減少または増大すべく酸化物を選び出しこれらについて二酸化ウランに添加した場合の効果を説明する。まず機械的強度を減少すべく外殻ベレットの割合は、 $SiO_2, CaO, Al_2O_3, BeO, MgO, P_2O_5, Fe_2O_3$  中から2種類以上の任意組合せ成分を選びそれぞれ二酸化ウラン粉末に対して重量比で0.2%~5%を添加してボールミルで十分混合した。このように調整した混合物にパラフィン2%、ステアリン酸1%を加えて3ton/cm<sup>2</sup>の圧力で圧縮成形した後1700℃の温度で加熱処理して理論密度比93.5~95.5%の焼結体を得た。

これら焼結体の一端を鏡面研磨し、ピッカース硬度計 (ダイヤモンド圧子使用、荷重500g) を

(6)

用いて室温から1200℃までの温度領域における硬度を測定し、添加物が二酸化ウランペレットの機械的強度に与える効果を評価した。結果の1例を第4図および第5図に示す。

第4図はSiO<sub>2</sub> 70%、CaO 15%およびNa<sub>2</sub>O 15%の組成を有する3成分系添加物二酸化ウラン粉末に対して、それぞれ0.2%、1%、5%添加混合した場合である。

図で明らかなように、無添加のものと比較して5%添加した場合、室温で50%、500℃で約30%、1200℃で20%程度の改善が認められた。

第5図はSiO<sub>2</sub> 44%、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 39%、CaO 15%、MgO 1.5%、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.5%の組成を有する多成分系添加物を二酸化ウラン粉末に対して、それぞれ重量比で0.2%、1%、5%添加混合した場合である。

図のように無添加のものと比較して5%添加したものでは室温で約60%、500℃で約45%、1200℃で35%の硬度低下が認められた。

以上の例のようにSiO<sub>2</sub>、CaO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、BeO、MgO、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の中から2種類以上選んだ組合わせの

(7)

添加物を二酸化ウラン混合すると二酸化ウラン単独の場合より機械的強度が減少した。

一方、機械的強度を増大すべく内殻ペレットの場合は、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO、ZrO<sub>2</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CaO、SiO<sub>2</sub>の中から1種類を選び出し、それぞれ二酸化ウラン粉末に対して重量比で0.2~5%の範囲で添加してボールミルで十分混合した。以下外殻ペレットと同じ方法で92~95.5%の焼結体を待た。これら焼結体の一端を鏡面研磨し、ビツカース硬度計を外殻ペレットと同じように測定した。第6図に結果の1例を示す。

第6図から明らかなように、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1%添加した場合、無添加のものに対して、室温で約35%、500℃で約30%、1200℃で20%の硬度上昇が認められた。またMgO、SiO<sub>2</sub>、BeOをそれぞれ1%添加した場合も硬度上昇が認められた。

なお、ここでは軽水炉用二酸化ウラン燃料の場合を例に本発明の内容を述べたが、その効果は単に二酸化ウラン燃料のみに限らず、二酸化ウランを主成分とする高速炉用混合酸化物燃料の場合に

(8)

も適用できる。

#### 4. 図面の簡単な説明

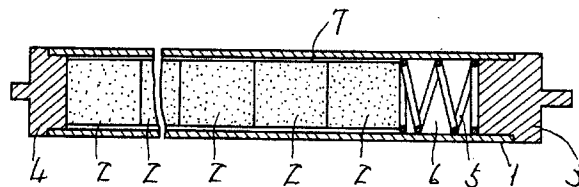
第1図は核燃料棒の縦断面図、第2図は核燃料素子の膨張による被覆管の変形した状態を示す縦断面図、第3図は本発明に係わる外殻ペレットと内殻ペレットからなる核燃料素子の1例を示す断面図、第4図は無添加二酸化ウラン核燃料素子とこれに3成分系の添加物を加えた場合の硬度の温度依存性を示す曲線図、第5図は無添加二酸化ウラン核燃料素子とこれに多成分系の添加物を加えた場合の硬度の温度依存性を示す曲線図、第6図は無添加二酸化ウラン核燃料素子とこれに一成分の添加物を加えた場合の硬度の温度依存性を示す曲線図である。

1, 1a...被覆管、2, 2a...ペレット、3, 4...端栓、5...バネ、6...プレナム室、7...隙間、8...外殻ペレット、9...内殻ペレット。

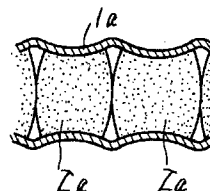
代理人 弁理士 則 近 憲 佑  
(ほか1名)

(9)

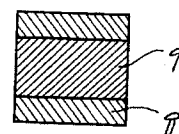
第 1 図



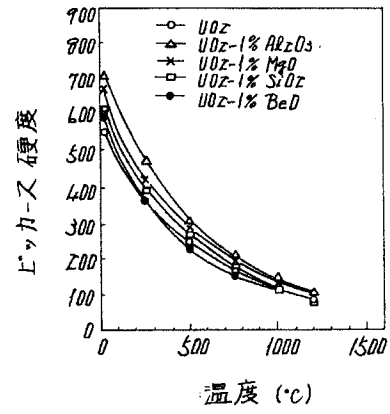
第 2 図



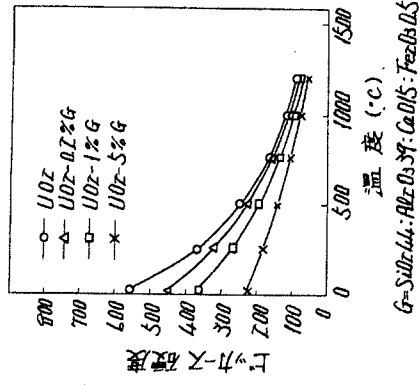
第 3 図



第 6 図



第 5 図



第 4 図

